

Ярошенко Л. В.

Омельянов О. М.

Омельянов М. О.

**Вінницький
національний
аграрний
університет**

УДК 621.9.048.6

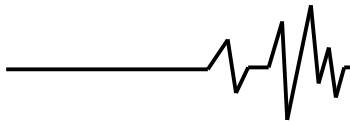
ВІБРАЦІЙНА ШАХТНА СУШАРКА ПЕРЕМІЖНОГО НАГРІВАННЯ ЗІ СКЛАДЕНИМ ВЕРТИКАЛЬНИМ ПРИВІДНИМ ВАЛОМ

Описана конструкция вибрационной шахтной сушилки прерывистого нагревания с составным вертикальным приводным валом, в которой для интенсификации процесса сушения используется псевдо сжиженное состояние обрабатываемого продукта и явление термодиффузии или перемещения влаги под воздействием градиента температур.

The construction of oscillation tower drier of the irregular heating is described with a component vertical drive billow, in which for intensification of process of drying used pseudo the condensates state of the processed product and phenomenon to the thermo diffusion or moving of moisture under act of gradient of temperatures.

Одним з передових способів теплової обробки сипучої продукції, зокрема її сушіння, є застосування псевдо зрідженого стану, що дозволяє істотно інтенсифікувати процес і поліпшити якість обробленої продукції. Для того щоб перевести сипучу продукцію в псевдо зріджений стан через неї з визначеною швидкістю продувають гаряче повітря. Для зменшення необхідної швидкості руху повітря й інтенсифікації процесу, часточкам сипучої продукції, за допомогою спеціальних пристроїв, можуть надавати вібрації з прискоренням більшим від прискорення вільного падіння. Відомі вібраційні сушарки для сипучих матеріалів, що містять корпус і поярусно розміщені в ньому вібрототки, що обладнані індивідуальними віброприводами. Недоліками цих лоткових сушарок є низька ефективність процесу сушіння, велика протяжність вібрототків та їхня динамічна невірноваженість, унаслідок чого на опорну раму передаються значні динамічні навантаження. Тому в переробних галузях сільськогосподарського виробництва широко поширені вертикальні шахтні сушарки, що мають велику продуктивність при малих використовуваних виробничих площах [1]. Однак даним сушаркам властивий такий недолік як погане перемішування сипучого матеріалу в процесі обробки, унаслідок чого матеріал, що пройшов обробку, для вирівнювання вологості по всьому об'ємі, повинен визначений час "відлежатись".

У Вінницькому національному аграрному університеті розроблена вібраційна сушарка переміжного нагрівання зі складеним вертикальним привідним валом, що дозволяє поєднати переваги вібраційних лоткових і шахтних сушарок, у якій для інтенсифікації процесу сушіння поряд із використанням псевдо зрідженого стану, використовується явище термодифузії, або переміщення вологи в матеріалі під дією градієнта температур (за напрямком потоку теплоти), яка має менш енергомісткий процес сушіння а кінцевий продукт після підсушування у ній має рівномірну вологість. Конструктивна схема такої вібраційної сушарки зображена на рис. 1. Вібраційна сушарка складається із теплоізолюваної камери 1 з опорними панелями 2 на яких за допомогою пружних елементів 3, поярусно встановлені спіралеподібні лотки 4 з перфорованим дном. Напряв завивки спіралей суміжних лотків зустрічний. Пружні елементи 3 розміщені рівномірно по колу. Зверху до теплоізолюваної камери 1 жорстко прикріплений завантажувальний бункер 5. В середині спіралеподібних лотків 4, на підшипниках змонтовано вертикальні вали 6, із розміщеними на їх кінцях верхніми 7 та нижніми 8 парами дебалансних вантажів. У нерухомій вібраційній сушарці осі вертикальних валів 6 збігаються. Пари дебалансних вантажів 7 і 8 встановлені таким чином, щоб між площинами які проходять через їх центри мас і осі вертикальних валів 6



утворювався кут їх взаємного розвороту α величиною у $30 - 150^\circ$. Причому, кут розвороту α , який відраховується у напрямі від нижньої

пари дебалансних вантажів до верхньої, для суміжних лотків має зустрічний напрям відліку і збігається із напрямком завивки спіралі лотка.

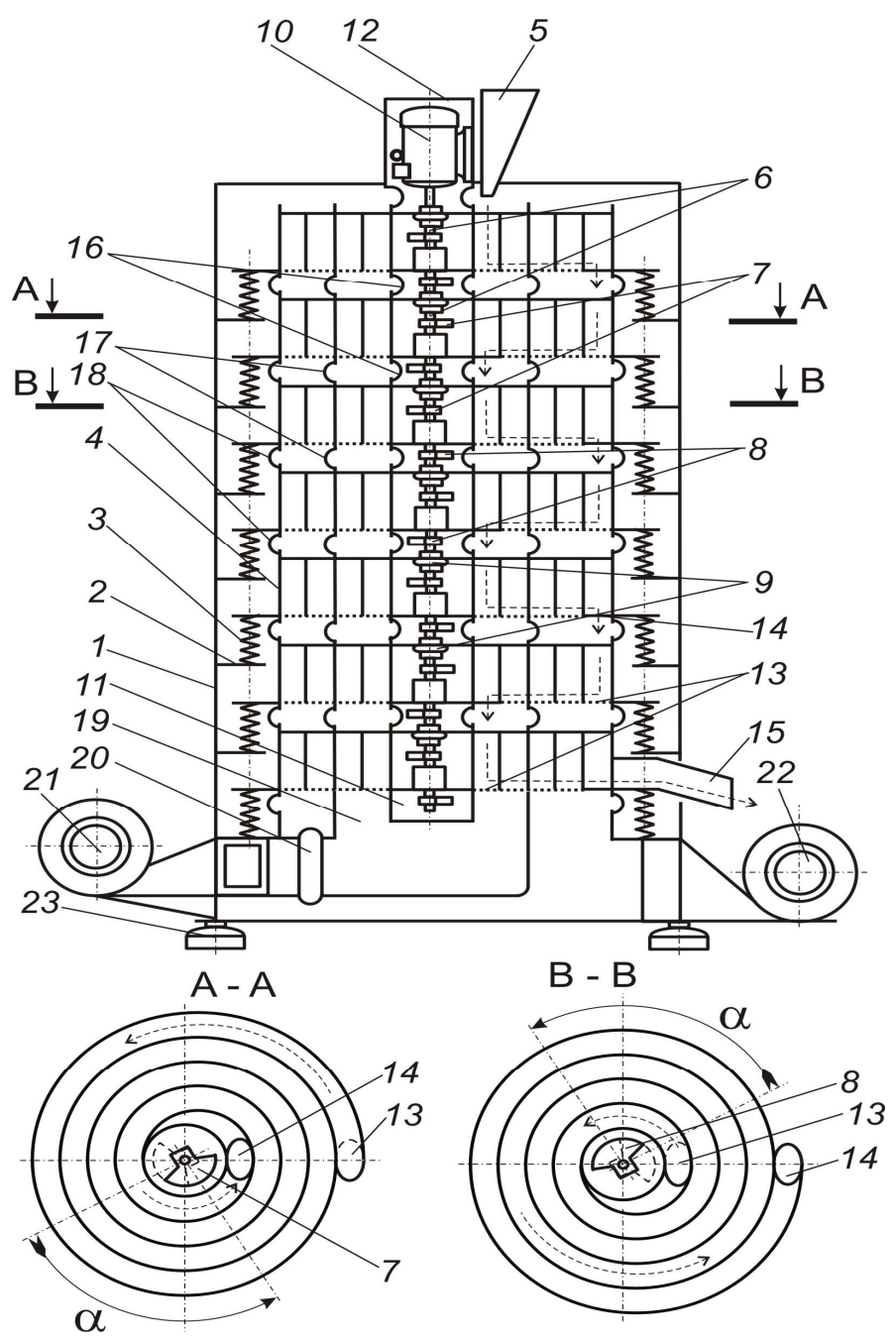
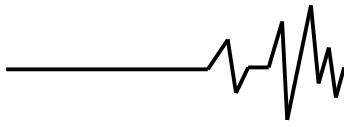


Рис. 1. Принципова схема вібраційної шахтної сушарки переміжного нагрівання:
 1 – теплоізольована камера; 2 – опорна панель; 3 - пружні елементи ; 4 – спіральні лотки;
 5 – завантажувальний бункер; 6 – вертикальний вал ; 7 – верхні дебаланси;
 8 – нижні дебаланси; 9 – еластична муфта; 10 – привідний електродвигун;
 11,12 – кожухи; 13 – приймальний люк; 14 – перепускний люк; 15 – вивантажувальний люк;
 16 – внутрішній еластичний ущільнювач; 17 – середній еластичний ущільнювач;
 18 - зовнішній еластичний ущільнювач; 19 – патрубков; 20 – ущільнювач патрубків;
 21 – електрокалорифер; 22 - вентилятор; 23 - віброопора

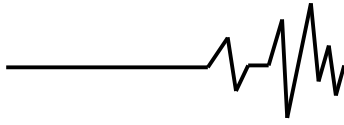


Вертикальні вали 6 з'єднані між собою за допомогою еластичних муфт 9 і утворюють складений вертикальний вал, який своїм верхнім кінцем, за допомогою такої ж еластичної муфти 9, з'єднаний із привідним електродвигуном 10. Найнижча пара дебалансних вантажів 8 та привідний електродвигун 10 закриті, кожухами 11 і 12, відповідно. Спіралеподібні лотки 4 обладнані одним приймальним 13 і одним перепускним 14 люками, що розміщені на початку та вкінці спіралей. Причому, у суміжних лотках 4, під перепускним люком знаходиться приймальний та навпаки. У кінці нижнього лотка знаходиться вивантажувальний люк 15. Суміжні спіралеподібні лотки 4 з'єднані між собою за допомогою внутрішніх 16, середніх 17 та зовнішніх 18 еластичних ущільнень таким чином, що утворюють гнучкі повітронепроникні труби. Таким же еластичним ущільненням 18 нижній лоток з'єднується із нижньою опорною панеллю 2. До нижнього лотка кріпиться патрубок 19, який через еластичне ущільнення 20 з'єднаний з електрокалорифером 21. У нижній частині тепло ізольованої камери 1 встановлений вентилятор 22, а сама камера 1 встановлена на віброопорах 23.

Вібраційна сушарка переміжного нагрівання працює таким чином. При включенні привідного електродвигуна 10, обертовий рух через еластичні муфти 9 передається до вертикальних валів 6 із парами дебалансних вантажів 7 і 8, що призводить до виникнення системи двох взаємно нерухомих оберткових відцентрових сил, які діють на кожен вертикальний вал 6 [1-5]. Оскільки довільна просторова система сил у загальному випадку зводиться до динамічного гвинта, а вихідна система взаємно нерухомих сил обертається, то вона зводиться до обертового збурюючого динамічного гвинта. Під дією цього обертового динамічного гвинта генеруються складні просторові коливання спіралеподібних лотків 4, які можна розглядати як суму двох коливань: поступальних коливань їх центрів мас по горизонтальних кругових траєкторіях та кутових коливань навколо центрів мас. При цьому кожна точка робочої поверхні спіралеподібних лотків 4 коливається по траєкторії, яка має форму нахиленого під певним кутом до горизонтальної площини еліпсу. Причому, точки поверхонь спіралеподібних лотків 4, які лежать на концентричному із віссю вертикального вала 6 колі, здійснюють ці коливання із зсувом фаз одна відносно одної. Такі коливання точок поверхонь спіралеподібних лотків 4 можна розглядати як розповсюдження вздовж їх кільцевих осей квазіхвиль, які складаються із

біжучих повздовжньої і поперечної квазіхвиль, що зсунуті одна відносно одної на 90° . Причому, хвилеві фронти обох квазіхвиль мають форму площин, які проходять через вісь вертикального валу 6, а довжина квазіхвиль рівна довжині концентричного із віссю валу 6 кола, вздовж якого вона розповсюджується. Такі коливання точок поверхонь спіралеподібних лотків 4, призводять до інтенсивного перемішування і вібротранспортування оброблюваного матеріалу вздовж їх спіральних доріжок. Оскільки напрям вібротранспортування шару сипучого матеріалу не залежить від напрямку обертання вертикального валу 6 і завжди здійснюється у напрямку підрахунку кута розвороту дебалансних вантажів, α від нижньої пари дебалансних вантажів 8 до верхньої 7 за умови, що цей кут не більший $\alpha < 180^\circ$, і у суміжних лотках цей кут має зустрічний напрям, то вібротранспортування оброблюваного матеріалу на суміжних лотках буде зустрічним і збігатиметься із напрямком завивки спіралі лотка. Оброблюваний матеріал із завантажувального бункера 5 подається на приймальний люк 13, що розміщений на початку спіралі верхнього лотка 4 і переміщується вздовж нього до перепускного люка 14. Звідки оброблюваний матеріал просипається на приймальний люк 13, що розміщений у кінці спіралі другого лотка і транспортується до перепускного люка 14 цього лотка, який знаходиться на початку його спіралі, де оброблюваний матеріал просипається на приймальний люк 13 наступного під ним лотка. Таким чином оброблюваний матеріал почергово проходить через усі лотки 4 і подається до вивантажувального люка 15. На мал. 1 напрям руху оброблюваного матеріалу показаний пунктирними стрілками.

Підігріте електрокалорифером 21 повітря проходить через еластичний ущільнювач 20 та патрубок 19 у внутрішню нагрівну камеру, що утворюється внутрішніми 16 та середніми 17 еластичними ущільненнями і проходячи через перфоровані днища усіх лотків 4 періодично нагріває оброблюваний матеріал, який знаходиться у псевдо зрідженому стані, та видаляється у атмосферу. Еластичні ущільнення 16 та 17 спрямовують потік підігрітого повітря від одного лотка до іншого, водночас дозволяючи їм здійснювати коливання. Водночас, атмосферне повітря від вентилятора 22 подається у зовнішню охолоджувальну камеру, що утворюється середніми 17 та зовнішніми 18 еластичними



ущільненнями і проходячи через перфоровані днища усіх лотків 4 періодично охолоджує оброблюваний матеріал, який знаходиться у псевдо зрідженому стані, та видаляється у атмосферу. Отже, оброблюваний матеріал рухаючись по середніх частинах спіралеподібних лотків 4 періодично нагрівається у нагрівних камерах, а попадаючи до охолоджувальних камер, що знаходяться у зовнішніх частинах спіралеподібних лотків 4, періодично охолоджується, таким чином створюються умови для виникнення явища термодифузії, або переміщення вологи в зернинах матеріалу під дією градієнта температур (за напрямком потоку теплоти), що істотно інтенсифікує процес сушіння матеріалу.

Змінюючи масу пар дебалансних вантажів 7 і 8, їх ексцентриситет, шляхом повертання дебалансних вантажів один відносно одного у кожній парі, та кут взаємного розвороту пар де-балансних вантажів α , можна плавно, у широких межах, регулювати складові траєкторії коливань спіралеподібних лотків 4 і точок їх поверхонь. При цьому, буде змінюватись інтенсивність перемішування шару оброблюваного матеріалу та швидкість його вібротранспортування вздовж лотків 4, а отже час обробітку, залежно від вихідних параметрів вологості. Кут взаємного розвороту пар дебалансних вантажів α повинен знаходитись у межах $30 - 150^\circ$, оскільки при інших його значеннях не відбуватиметься ефективного вібротранспортування шару оброблюваного матеріалу. Виготовлення лотків спіральними, дозволяє зменшити габаритні розміри та масу, при збереженні їх значної протяжності, яка необхідна для забезпечення якісного обробітку матеріалу.

Дана конструкція вібраційної шахтної сушарки переміжного нагрівання зі складеним вертикальним валом, дозволяє поєднати переваги шахтних і вібраційних лоткових сушарок а для інтенсифікації процесу сушіння поряд із використанням псевдо зрідженого стану використовується явище термодифузії, Дана сушарка має необхідну продуктивність дозволяє зменшити питомі енерговитрати порівняно із існуючими шахтними сушарками а використання само балансного відцентрового віброприводу робить конструкцію добре збалансованою, що покращує умови праці та запобігає передачі вібрації на навколишнє обладнання.

Література

1. Берник П. С., Ярошенко Л. В. Вибрационные технологические машины с пространственными колебаниями рабочих органов. - Винница: ВГСХИ, 1998. - 116с.
2. Ярошенко Л.В. Вібраційна шахтна сушарка /Вібрації в техніці та технологіях.- 2001.-№ 1 (17.) -С.-44 - 46.
3. Ярошенко Л.В. Нові сільськогосподарські вібраційні машини з вертикальним привідним валом /Вібрації в техніці та технологіях.-2002.-№ 4 (25.) - С.-97 - 105.
4. Патент України № 42383 А, Вібраційна сушарка. Ярошенко Л. В., Бюл. № 9, 2001.
5. Патент України № 79624, Багатофракційний вібраційний сепаратор. Ярошенко Л. В., Середа Л. П.. Бюл. № 10, 2007.